

REVISTA INTERNACIONAL **CONSTRULINK**

ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO • ESTRUCTURAS Y CONSTRUCCIÓN

Vol. 10
Número:

30



CONSTRULINK
PORTAL DA CONSTRUÇÃO



Director:

Prof. Fernando Branco
fbranco@civil.ist.utl.pt

Coordenador editorial:

João Ramôa Correia

Edição da revista:

Pedro Vaz Paulo

Edição de artigos:

Cátia Marcelino

Publicidade:

Pedro Paulo

Publicado por:

Construlink.com - Tecnologias de
Informação S.A.
Avenida da Liberdade,
nº 136, 4º, 5º e 6º
1250-146 Lisboa

Contactos:

Tel: +351 213 155 265
Fax: +351 210 064 616
E-mail: info@gatewit.com
Website: www.construlink.com

CONSTRULINK Press:

- Revista Internacional Construlink (RIC) (3 X Ano)
- Monografias

Assinatura:

Custo: 50 Euros / Ano
Grátis para autores de artigos publicados.

- 03** **EDITORIAL**
Fernando Branco,
Portugal

- 05** **MATERIAIS CONTENDO FIBRAS DE AMIANTO: PROBLEMAS E SOLUÇÕES.**
Fernando Torgal, Said Jalali
Portugal

- 13** **ESTUDO DE PAREDES NO ENSAIO DE ESTANQUEIDADE – INFLUÊNCIAS DAS CINZAS DE CARVÃO MINERAL E DO SUBSTRATO**
N. L. Mustelier, J. C.Rocha, M. Cheraif
Brasil

- 23** **PUNÇOAMENTO EM LAJES FUNGIFORMES REFORÇADAS COM PARAFUSOS TRANSVERSAIS ADERENTES (PARTE 1)**
Jorge M. Gomes, António R. Ramos
Portugal

- 34** **PUNÇOAMENTO EM LAJES FUNGIFORMES REFORÇADAS COM PARAFUSOS TRANSVERSAIS ADERENTES (PARTE 2)**
Jorge M. Gomes, António R. Ramos
Portugal

- 44** **BREVE ANÁLISE CRÍTICA SOBRE A GESTÃO DE RCD EM PORTUGAL: DESEMPENHO COMPARADO COM PRÁTICAS INTERNACIONAIS**
Fernando Torgal, Said Jalali
Portugal

MATERIAIS CONTENDO FIBRAS DE AMIANTO: PROBLEMAS E SOLUÇÕES.

FERNANDO TORGAL
Investigador Auxiliar
C-TAC (UM)
Portugal
torgal@civil.uminho.pt

SAID JALALI
Prof. Catedrático, Engº Civil
UM
Portugal
said@civil.uminho.pt

SUMÁRIO

A confirmação do potencial cancerígeno das fibras de amianto, veio reconhecer que todos os materiais contendo este tipo de fibras, possuem algum nível de risco para a saúde humana, passando a ser considerados resíduos perigosos no âmbito da Lista Europeia de Resíduos. A legislação mais recente em Portugal (Dec.Lei Nº 266/2007 de 24 de Julho), confirma a importância deste problema ao obrigar à existência de planos de trabalhos aprovados pela ACT previamente à remoção ou demolição de materiais contendo amianto, por firmas credenciadas para o efeito. O presente artigo aborda a problemática dos materiais contendo fibras de amianto, quer em termos da sua toxicidade, quer em termos da sua regulamentação e das condições para a sua aplicação. O mesmo abarca também uma análise do estado-da-arte, sobre os tratamentos que permitem a inertização e valorização destes resíduos.

1. INTRODUÇÃO

As fibras de amianto são também designadas por “asbestos”, termo que advém da designação do grego para um material incombustível. Esta propriedade, aliada a uma elevada resistência à tracção, facilidade para ser tecida e baixo custo (entre outras), levou a que o uso destas fibras rapidamente se vulgarizasse ao nível da indústria da construção, quer como isolante térmico e anti-fogo, quer principalmente na produção de painéis de fibrocimento. O amianto compreende as fibras minerais com um comprimento de 5µm e diâmetro inferior a 3µm, do grupo da Serpentina (crisólito) ou do grupo das Anfíbolos (actinolite, grunerite (amosite), antofilite, arocidolite e tremolite).

Embora haja registos da utilização de fibras de amianto desde a antiguidade, Swamy [1] refere utilizações com 4500 anos, somente a partir do séc.19 se assistiu à exploração mineira destas fibras para fins comerciais [2]. Actualmente a exploração de amianto-crisólito continua a ser explorada em mais de 100 países, representando-se na (Figura 1) os maiores produtores e isto apesar da Europa já ter aprovado regulamentação visando a proibição da sua exploração, devido às suas propriedades cancerígenas.

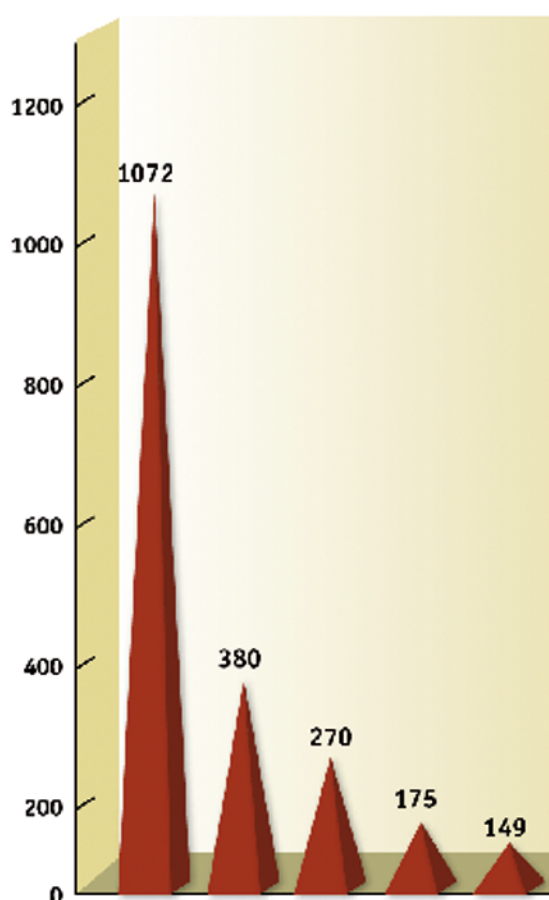


Figura 1 – Principais países produtores de amianto-crisólito em 2008 [3]

Foi a partir da década de 60, que vários estudos concluíram pela relação entre o aparecimento de várias doenças profissionais e a exposição ao amianto. Na altura considerou-se que só algumas fibras minerais produziam efeitos nefastos para a saúde, pelo desenvolvimento de mesotelioma (cancro do revestimento mesotelial do pulmão), relativamente ao qual a maior parte dos doentes morre em menos de 12 meses após o diagnóstico [4-6], razão pela qual este material continuou a ser utilizado. Somente na década de 80 com a aprovação da Directiva 83/477/CEE, que definia os riscos para a saúde dos trabalhadores expostos ao amianto, é que a perigosidade daquele material começou a ser levada efectivamente a sério, sendo que em 1991 uma nova Directiva (91/382/EEC), agravou os limites previstos na Directiva inicial.

As investigações entretanto feitas pela comunidade científica permitiram concluir que todas as fibras de amianto apresentavam potencial cancerígeno, quer na variante de asbestose (lesões do tecido pulmonar causadas por um ácido produzido pelo organismo na tentativa de dissolver as fibras [7] ou mesmo de cancro do pulmão, do tracto gastrointestinal dos rins e da laringe [8-10]. Consequentemente a Directiva 2003/18/EC veio proibir a extracção destas fibras e a sua utilização em produtos.

O presente artigo pretende lançar alguma luz sobre a situação do amianto em Portugal, procedendo ainda a uma revisão de literatura no âmbito de investigações sobre a inertização dos resíduos contendo fibras de amianto.

2. A SITUAÇÃO DOS MATERIAIS COM AMIANTO EM PORTUGAL

Só em 1989 (passados 6 anos) é que Portugal introduziu no seu Direito interno através do Dec-Lei nº 284/89 de 24 de Agosto, as recomendações plasmadas na Directiva 83/477/CEE. Já a Directiva 2003/18/EC foi transposta através do Dec-Lei nº 266/2007 de 24 de Julho, o qual define que existe risco para a saúde quando há exposição dos trabalhadores a ambientes com fibras superiores ao limite de exposição (VLE) de 0,1 fibra por cm³.

Muito embora se possa pensar que o amianto deixou de constituir um problema, desde que foi proibida a sua produção no espaço da União Europeia, estima-se que só no nosso país existem 600.000 ha de coberturas de fibrocimento contendo amianto. E se é verdade que a perigosidade desta espécie particular de aplicação, seja menor pelo facto das fibras estarem embebidas na matriz da pasta de cimento, também é verdade que eventuais quebras destas coberturas propiciarão a libertação das fibras de amianto. Isto já para não referir que os produtos de hidratação do cimento se degradam ao longo do tempo devido à acção repetida de ciclos de humificação e secagem, bem assim como por via das tensões de tracção provocadas pelo próprio vento, pelo que a probabilidade de libertação de fibras irá aumentando com o tempo. Não há assim qualquer garantia, que os ocupantes de edifícios com coberturas de fibrocimento, não estejam expostos a um valor superior ao limite de exposição (VLE), conforme de definido no artº 4 do Dec-Lei nº 266/2007 de 24 de Julho, nem tão pouco, se exposições ainda que para valores inferiores ao VLE, não poderão resultar em graves problemas de saúde a longo prazo.

Note-se que segundo a OMS, não são conhecidos limites de exposição abaixo dos quais se pode garantir que não há risco cancerígeno. Em situação bastante mais grave estão os casos de edifícios ou pavilhões industriais em que o amianto foi utilizado por projecção na sua forma friável, mas cuja remoção só pode ser feita por firmas especializadas, como prevê o Dec-Lei nº 266/2007 de 24 de Julho.

Contudo, sendo este instrumento jurídico muito recente, parece evidente que só daqui a vários anos as preocupações consignadas no mesmo, serão levadas em conta pelas entidades com responsabilidades formativas, significando isto que os Técnicos que recentemente se diplomaram na área da engenharia civil, pouco ou nada ouviram falar a este respeito, e só daqui a vários anos podemos esperar ter Técnicos Superiores que no âmbito de unidade curriculares de materiais de construção e outras estejam sensibilizados e preparados para lidar com este problema. Investigações recentes [11] confirmam aliás que existe por parte de gestores de edifícios e mesmo técnicos superiores, um desconhecimento generalizado sobre os diversos tipos de materiais e produtos que contêm amianto (Tabela 1).

Nos termos do artº 11 do Dec-Lei nº 266/2007 de 24 de Julho, qualquer trabalho de remoção ou demolição de materiais contendo amianto, deve ser precedido pela aprovação por parte da Autoridade para as Condições do Trabalho – ACT de um plano de trabalhos. Contudo e paradoxalmente não havendo Técnicos formados neste âmbito, será difícil que o processo possa prosseguir de forma expedita e cumprindo requisitos de qualidade por parte da entidade referida (ACT).

Os materiais contendo amianto são classificados como resíduos perigosos nos termos dos subcapítulos da Lista Europeia de Resíduos nº 170601 (Materiais de isolamento contendo amianto) e nº 170605 (Materiais de construção contendo amianto) constante da Portaria nº209/2004 de 3 de Março, contudo nesta data está ainda por publicar a Portaria aludida no nº 2 do Artº14 do Dec-Lei nº46/2008 de 12 de Março sobre “*as normas para a correcta remoção dos materiais contendo amianto e para o acondicionamento dos respectivos RCD...são aprovadas por portaria*”, o que se constitui como um sério obstáculo à correcta gestão dos RCD contendo amianto.

Aliás o trabalho atrás referido [11] é totalmente omisso quanto à possibilidade de reaproveitamento dos resíduos à base de amianto, referindo-se à sua deposição em aterro como a única solução para os mesmos.

Tabela 1 - Lista de materiais e produtos contendo amianto [11]

Tipo de material e composição em amianto	Função comum	Onde se aplica	Friabilidade	Risco
Revestimentos aplicados à pistola (até 85% de amianto)	Isolamento térmico e acústico, protecção contra incêndios e condensação.	Em estruturas de aço; edifícios antigos que sofreram remodelação. Em tectos vãos actuando como barreiras corta-fogo.	Friável	Risco médio no caso de ter uma proporção alta de cimento ou gesso e se não for manipulado. Risco alto no caso da flocagem e em qualquer tipo de manipulação.
Revestimentos de pisos (até 25% de amianto)	Resistência mecânica contra o desgaste	Em Pavimentos em rolo e em mosaico (exemplo: vinílico e hidráulico)	Não friável	Possibilidade de libertação de alguma fibra em caso de manipulação
Materiais de enchimento (até 100% de amianto)	Isolamento térmico e acústico.	Em sótãos, porta de <i>courette</i> , caixas-de-ar de paredes duplas, porta corta-fogo, argamassa em furação para fixação de equipamentos eléctricos	Friável	Risco médio no caso de estar confinado numa parede e não ter qualquer manipulação. Risco alto em qualquer tipo de intervenção.
Guarnições, embalagens, cordões e tecidos (de 1% a 100% de amianto)	Isolamento térmico e vedante	Em tubagens e caldeiras em áreas técnicas (exemplo: manta de amianto em caldeiras a vapor industriais); recipientes sob pressão; selantes resistentes ao calor/fogo (exemplo: cordão de isolamento em juntas de tubagens por vezes revestidas de materiais do tipo cimento, selagem de caldeiras e condutas de evacuação, bem como fios entrançados para cabos eléctricos); argamassas para assentamento de alvenaria e noutras instalações sujeitas a altas temperaturas.	Friável	Risco alto com manipulação, havendo libertação de fibras com o uso e desgaste do material.
Paredes, painéis e tectos falsos (misturados com silicatos ou carbonatos cálcicos de 6% a 10%, os restantes até 100%)	Protecção contra incêndios, isolamento térmico e acústico.	Painéis sanduíche, divisórias, placas para tectos, revestimento de fornos (exemplo: tijolos refractários), sistemas de pisos flutuantes.	Friável	Risco médio no caso de se encontrarem confinados. Risco alto se se tratarem de materiais que são muito manipulados em actividades de manutenção.
Cartão, papel e produtos de papel (90% a 100% de amianto)	Isolamento térmico e protecção contra incêndios em geral, isolamento térmico e eléctrico de equipamento eléctrico.	Em materiais compósitos com aço, revestimentos de paredes e coberturas (exemplo: gesso cartonado), revestimento de painéis combustíveis, laminados resistentes ao fogo e isolamento de tubos corrugados.	Friável	Risco alto se existir manipulação, havendo desprendimento de fibras com o uso e desgaste do material.
Fibrocimento (10% a 15% de amianto)	Revestimentos de paredes e protecções contra as intempéries.	Em forros de paredes e tectos, protecções de lareiras, pisos flutuantes, revestimentos, produtos moldados pré-fabricados (exemplo: caixilhos de janelas, lajes para calçadas, cisternas e tanques, colectores e condutas de águas, esgotos e incêndio, condutas de ventilação, calhas e condutas para cabos, divisórias em edifícios, painéis decorativos, chapas perfiladas para coberturas).	Não friável	Risco médio em actividades de remoção sem quebra de placas. Risco alto em manipulações por abrasão, corte ou perfuração, e com a degradação do material por envelhecimento ou ataque químico.
Produtos betuminosos (de 10% a 25% de amianto)	Impermeabilização e revestimento	Em coberturas, tubos de queda, feltros betuminosos e impermeáveis para coberturas, placas semi-rígidas para coberturas, impermeabilização de caleiras e tubos para escoamento pluvial, em mantas de paredes exteriores.	Não friável	Possibilidade de libertação de alguma fibra com manipulação. Risco alto em casos de manipulação por abrasão, corte ou perfuração.
Mástiques, selantes e tintas (5% a 10% de amianto)	Impermeabilização	Em selagem de janelas e de pisos, tintas texturadas e em elementos metálicos estruturais.	Não friável	Possibilidade de libertação de alguma fibra em caso de manipulação. Risco alto em caso de abrasão ou corte.
Plásticos reforçados e protecção de cabos eléctricos (5% a 25% de amianto)	Revestimento, protecção contra-choque	Em painéis plastificados, batentes de janelas.	Não friável	Possibilidade de libertação de alguma fibra em caso de manipulação.

3. RECICLAGEM DE MATERIAIS CONTENDO FIBRAS DE AMIANTO

Várias investigações apontam para a possibilidade de inertização dos materiais contendo resíduos de amianto possibilitando o seu reaproveitamento, nessa sequência foram desenvolvidos vários processos industriais para o efeito, INERTAM [12], ASBESTEX [13] e ARI [14].

Os tratamentos de resíduos contendo amianto, subdividem-se pelas suas características nos seguintes grupos:

- Tratamentos térmicos
- Tratamentos químicos ou mecânico-químicos
- Tratamentos com recurso a micro-ondas (amianto friável)

Gualtieri & Tartaglia [15] referem que a utilização de temperaturas entre 1000 a 1250°C permite inertizar amianto friável, assim

como também resíduos compostos de cimento-amianto por formação de novas fases cristalinas não tóxicas (Figura 2). As reações da transformação das variedades crisólito (1) e tremolite (2) são apresentadas abaixo:

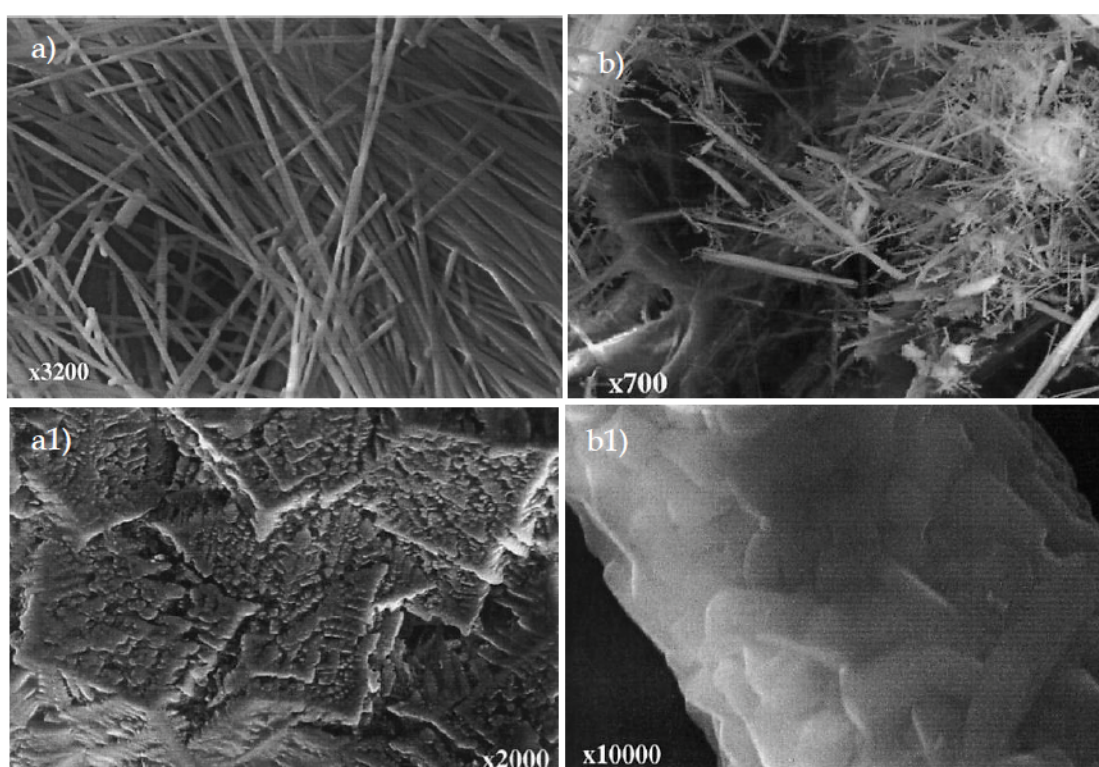
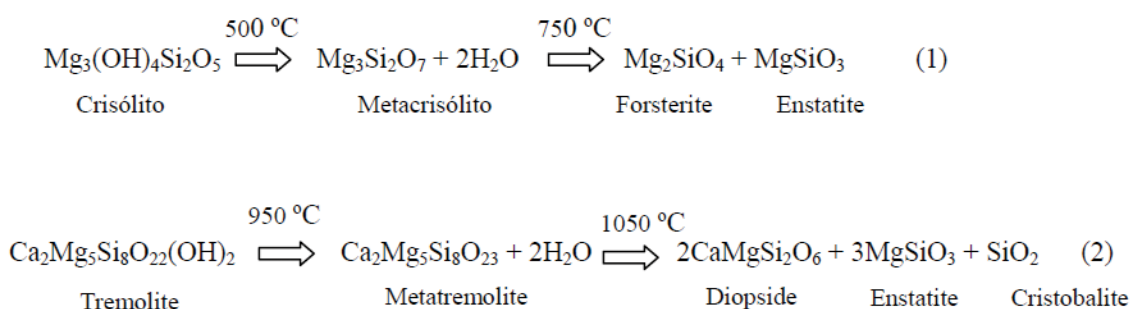


Figura 2 – Microestrutura de fibras de amianto antes e depois de submetidas a tratamento térmico: a) e a1) fibras puras da variedade tremolite; b) e b1) cimento com fibras de crisólito [15]

Convém ter presente que o comportamento dos resíduos de amianto quando expostos a uma fase de calcinação varia consoante o tipo de fibra utilizado, já que diferentes fibras são inertizadas para diferentes temperaturas (Tabela 2).

Leonelli et al. [16] estudaram a inertização de amianto em estado friável e a sua posterior utilização como fonte de magnésio para o fabrico de produtos cerâmicos. Para o efeito submeteram os resíduos a um tratamento térmico com micro-ondas de 2,45GHz durante 13 minutos. A Figura 3 apresenta imagens da microestrutura dos resíduos de amianto antes e depois do tratamento com micro-ondas, comprovando a eficácia do tratamento.

Tabela 2- Propriedades físicas e químicas de fibras de amianto [16]

Propriedades, composição química	Serpentina, crisólito $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Anfibolas				
		Crocidolite $\text{Na}_2\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{2+}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Amosite $(\text{MgFe}^{2+})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Antofilite $\text{Mg}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Tremolite $\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Actinolite $\text{Ca}_2(\text{MgFe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
SiO_2	38-42	49-56	49-52	53-60	55-60	51-56
Al_2O_3	0-2	0-1	0-1	0-3	0-3	0-3
Fe_2O_3	0-5	13-18	0-5	0-5	0-5	0-5
FeO	0-3	3-21	35-40	3-20	0-5	5-15
MgO	38-42	0-13	5-7	17-31	20-25	12-20
CaO	0-2	0-2	0-2	0-3	10-15	10-13
Na_2O	0-1	4-8	0-1	0-1	0-2	0-2
Outros	11,5-13	1,7-2,8	1,8-2,4	1,5-3	1,5-2,5	1,8-2,3
Temp. de decomposição (°C)	450-700	400-600	600-800	600-850	950-1040	620-960
Temp. de fusão (°C)	1500	1200	1400	1450	1315	1400

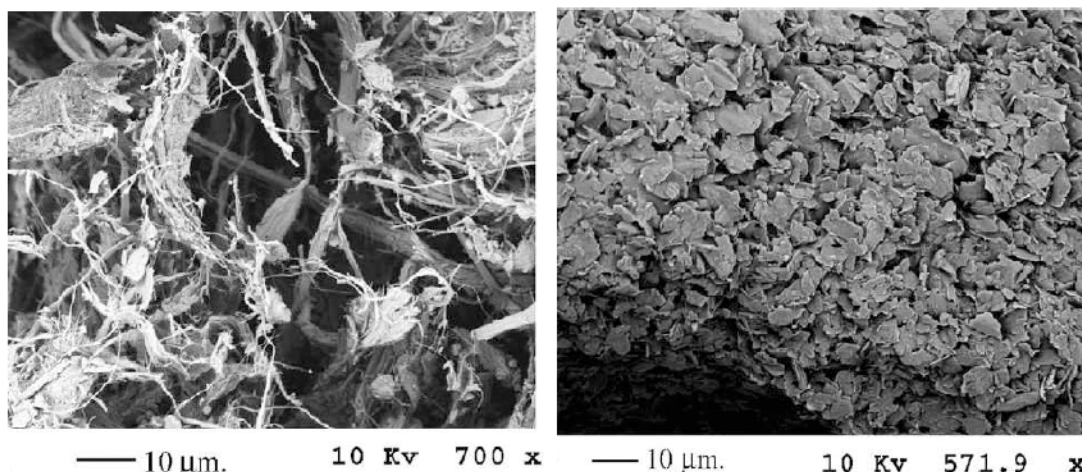


Figura 3 - Microestrutura do amianto: antes e depois do tratamento com micro-ondas [16]

Os referidos investigadores referem que os custos de valorização destes resíduos oscilam entre 0,05 a 0,2 euros/kg, o que significa um valor 10 vezes menor quando comparado com o custo do seu depósito em aterro. Estes resultados são confirmados por outras investigações que apontam para a possibilidade de incorporação entre 3-5% de resíduos inertizados em produtos porcelânicos [17].

Outros autores [18] patentearam um túnel para a inertização de resíduos de cimento com fibras de crisólito, com recurso a uma temperatura de 1200 °C durante 16h, o qual tem a vantagem de tratar os resíduos exactamente como são recebidos, isto é, sem abertura das embalagens e sem necessidade de moagem. Os mesmos autores referem ter conseguido baixar a temperatura de inertização, mediante a utilização de um vidro de baixa fusão.

Dellisanti et al. [19] fazem referência a uma instalação piloto para inertização de resíduos contendo fibras de amianto, através do método da vitrificação de Joule, no qual uma corrente de elevada intensidade (130 A) consegue obter a fusão dos resíduos a 1500 °C, sendo que depois estes são arrefecidos bruscamente.

Plescia et al. [20] descrevem resultados relativos à inertização de resíduos de amianto obtidos através de um tratamento mecânico-químico, o qual consegue alterar a morfologia das fibras minerais através da sua moagem, tornando-as não tóxicas.

Para inertizar fibras de amianto em estado friável, Takahashi et al. [21] referem ter utilizado uma temperatura de 175 °C durante 24h e uma solução de NaOH (14M). Já Anastasiadou et al. [22] utilizaram temperaturas entre 300-700 °C e pressões entre 1,75-5,8MPa com ácido acético para transformar fibras de crisólito numa variedade não tóxica.

Outros autores conseguiram inertizar resíduos de amianto estado friável, utilizando um tratamento à base de micro-ondas. A ação destas permite transformar a estrutura fibrosa em blocos de óxido de magnésio [23]. Investigações recentes [24] confirmam que o tratamento térmico de produtos à base de cimento e amianto conduz a um nível de toxicidade muito menor que a do produto inicial. Gualtieri et al. [25] apresentam resultados sobre o reaproveitamento de produtos com cimento e amianto tratados termicamente em tijolos, vidros, pigmentos e plásticos.

4. CONCLUSÕES

Os países localizados no espaço europeu, decidiram com base em estudos científicos credíveis, aceitar como um facto a perigosidade dos materiais contendo amianto. Nessa sequência, vários deles têm em curso processos de reciclagem e valorização dos referidos resíduos. Em Portugal a legislação que abrange estes resíduos é muito recente e está ainda incompleta. Além disso não prevê outro destino que não seja o depósito em aterro. Para agravar este panorama, não só não existe em Portugal, nenhum levantamento rigoroso sobre a quantidade de materiais contendo resíduos de amianto, como existe sim, um grave e elevado desconhecimento, sobre quais são efectivamente os materiais, que contem este tipo de resíduos. Ao nível do Ensino Superior tão pouco se conhecem ações concretas visando abordar este tema nos curricula dos cursos de engenharia civil, o que contribui para atrasar a resolução deste problema. Estes factos aliados à já referida omissão legislativa, em nada contribuem para uma gestão eficaz dos resíduos de amianto em Portugal. A literatura da especialidade confirma a existência de investigações sobre a possibilidade de inertização de materiais contendo resíduos de amianto, permitindo a sua posterior valorização, as quais referem um custo que é bastante inferior ao custo do seu depósito em aterro.

5. REFERÊNCIA

- [1] Swamy, N. – Fibre reinforcement of cement and concrete. Evaluation of fibre reinforced cement based composites. 19-FRC Committee (1977) 235-254.
- [2] Bernstein, D. – Asbestos. Chapter 27 in Inhalation Toxicology, Ed. Harry Salem & Sidney Katz, CRC Press, 2006.
- [3] Chrysotile, Institut du – Utilization sécuritaire du chrysotile : Exigences et realisations, 2008.
- [4] Bianchi, C.; Giarelli, L.; Grandi, G.; Brollo, A.; Ramani, L.; Zuch, C.- Latency periods in asbestos-related mesothelioma of the pleura. European Journal of Cancer Prevention 6 (1997) 162-166.
- [5] Jarvholm, B.; Englund, A.; Albin, M. - Pleural mesothelioma in Sweden: an analysis of the incidence according to the use of asbestos. Occupational and Environmental Medicine 56 (1999) 110-113.
- [6] Azuma, K.; Uchiyama, I.; Chiba, Y.; Okumura, J. (2009) Mesothelioma risk and environmental exposure to asbestos: past and future trends in Japan. International Journal of Occupational and Environmental Health 15 (2009) 166-172.
- [7] Akira, M. - Asbestosis: IPF or NSIP-like lesions in asbestos-exposed persons, and such independency. Japanese Journal of Chest Diseases 69(2010) 38-44.
- [8] Ladou, J. - The asbestos cancer epidemic. Environmental Health Perspectives 112 (2004) 285-290.
- [9] Silverstein, M.; Welch, L.; Lemen, R. - Developments in asbestos cancer risk assessment. American Journal of Industrial Medicine 52 (2009) 850-858
- [10] Antonescu-Turcu, A.; Schapira, R. - Parenchymal and airway diseases caused by asbestos. Current Opinion in Pulmonary Medicine 16 (2010) 155-161.
- [11] Pereira, L. - Amianto: Medidas para a implementação de um plano de controlo num edifício. Dissertação de Mestrado, FCT/UNL, Lisboa, 2008.
- [12] Borderes, A. – Vitrification of the incineration residues. Revue Verre 6 (2000) 1-2.
- [13] Patente Europeia EP 069 655 3A1.
- [14] Downey, A.; Timmons, D. – Study into the applicability of thermochemical conversion technology to legacy asbestos wastes in the UK. WM’05 Conference, Tucson, USA, 2005.
- [15] Gualtieri, A.; Tartaglia, A. - Thermal decomposition of asbestos and recycling in traditional ceramics. Journal of the European Ceramic Society 20 (2000) 1409-1418.
- [16] Leonelli, C.; Veronesi, P.; Boccaccini, D.; Rivasi, M.; Barbieri, L.; Andreola, F.; Lancellotti, I.; Rabitti, D.; Pellacani, G. - Microwave thermal inertisation of asbestos containing waste and its recycling in traditional ceramics. Journal of Hazardous Materials 135 (2006) 149-155.

- [19] Dellisanti, F.; Rossi, P.; Valdré, G. - Remediation of asbestos containing materials by Joule heating vitrification performed in a pre-pilot apparatus. *International Journal of Mineral Processing* 91 (2009) 61-67.
- [20] Plescia, P.; Gizzi, D.; Benedetti, S.; Camilucci, L.; Fanizza, C.; De Simone, P.; Paglietti, F.-Mechanochemical treatment to recycling asbestos-containing waste. *Waste Management* 23 (2003) 209-218.
- [21] Takahashi, S.; Ito, H.; Asai, M. - Transformation of asbestos into harmless waste and recycle to zeolite by hydrothermal technique. *Journal of Society Materials Science, Japan* 58 (2009) 499-504.
- [22] Anastasiadou, K.; Axiotis, D.; Gidarakos, E. - Hydrothermal conversion of chrysotile asbestos using near supercritical conditions. *Journal of Hazardous Materials* 179 (2010) 926-932.
- [23] Boccaccini, D.; Leonelli, C.; Rivasi, M.; Romagnoli, M.; Veronesi, P. ; Pellacani, G. ; Boccaccini, A. - Recycling of microwave inertised asbestos containing waste in refractory materials. *Journal of the European Ceramic Society* 27 (2007) 1855-1858.
- [24] Giantomassi, F.; Gualtieri, A.; Santarelli, L.; Tomasetti, M.; Lusvardi, G.; Lucarini, G.; Governa, M.; Pugnali, A. - Biological effects and comparative cytotoxicity of thermal transformed asbestos-containing materials in a human alveolar epithelial cell line. *Toxicology in Vitro* 24 (2010) 1521-1531.
- [25] Gualtieri, F.; Giacobbe, C.; Sardisco, L.; Saraceno, M.; Gualtieri, M.; Lusvardi, G.; Cavenati, C.; Zanatto, I. - Recycling of the product of thermal inertization of cement-asbestos for various industrial applications. *Waste Management* 2010 (in press).

**FERNANDO TORGAL**

Engenheiro Civil Sênior, investigador do Grupo de Construção Sustentável da Unidade C-TAC da Universidade do Minho. Autor e co-autor de aproximadamente 200 publicações em revistas e conferências, onde se incluem 40 artigos em revistas internacionais, sendo 32 daqueles em revistas ISI-A1 com 250 citações, o que corresponde a um índice-h=11.

**SAID JALALI**

Professor Catedrático Aposentado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho. Autor e co-autor de 260 publicações em revistas e conferências, incluindo 28 artigos em revistas internacionais ISI-SCL, o que corresponde a um índice-h=8.